



Prof. Dr. Göran Kauermann
+49 (0)89 2180-6253
goeran.kauermann@lmu.de
Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff
+49 (0)89 2180-2789
kuechenhoff@stat.uni-muenchen.de
Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger
+49 (0)89 440077486
ursula.berger@lmu.de
IBE
Marchioninistr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 23
19.11.2021

1. **Allgemeine Analysen zur Wirkung der Impfung**

   Göran Kauermann, Michael Windmann

2. **Analysen zur aktuellen Lage und Vergleich mit der 2. Welle**

   Maximilian Weigert, Helmut Küchenhoff, Wolfgang Hartl[1]*, Daniel Schlichting, Diellë Syliqi*

3. **Aktuelle Prognosen zur Belegung der Intensivstationen für Bayern**

   Martje Rave, Cornelius Fritz, Göran Kauermann

4. **COVID-19-bedingte Todeszahlen nehmen schnell zu**

   Giacomo De Nicola, Göran Kauermann, Ursula Berger

Vorherige CODAG Berichte und weitere Forschungsarbeiten sind auf der CODAG Homepage zu finden

https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html

[1] Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

1. Allgemeine Analysen zur Wirkung der Impfung

Michael Windmann, Göran Kauermann

Aktuell wird über die Wirkung der COVID-19-Impfung viel diskutiert, da die augenscheinlich hohe Anzahl von geimpften Patient:innen in Krankenhäusern, die wegen COVID-19 behandelt werden müssen, stark gestiegen ist. Daher wollen wir die Risiken für eine Hospitalisierung mit COVID-19 für geimpfte und ungeimpfte Personen vergleichen. Dazu ziehen wir die im RKI-Wochenbericht bereitgestellten Zahlen zu Hospitalisierungen und Belegung von Intensivstationen durch COVID-19 Patient:innen getrennt nach Alter und Impfstatus heran. Die Daten sind dem RKI Wochenbericht[2] vom 18.11.21 entnommen. Ebenso benutzen wir die dort angegebenen Impfquoten bei den über 60 Jährigen von 85.8% und bei den 18-59 Jährigen von 74.6%. Zu den wahrscheinlichen Impfdurchbrüchen der Kalenderwochen 42-45 sind im RKI Wochenbericht folgende Daten aufgelistet:

	Alter 18-59 Jahre	Alter ≥ 60 Jahre
Hospitalisierungen		
Hospitalisierte COVID-19-Fälle (symptomatisch mit Angabe Impfstatus)	4151	7026
Hospitalisierte COVID-19-Fälle mit wahrscheinlichem Impfdurchbruch	993	3151
Intensivstation		
COVID-19-Fälle auf **Intensivstation** (symptomatisch mit Angabe Impfstatus)	518	1074
COVID-19-Fälle auf I**ntensivstation** mit wahrscheinlichem Impfdurchbruch	68	406

Aus den Zahlen lässt sich somit ableiten, dass 22% der Hospitalisierten 18-59 Jährigen geimpft sind, was auf den ersten Blick nicht für eine starke Wirkung der Impfung spricht. Ein derartiger Vergleich berücksichtigt aber nicht die Impfquote, denn wären 100% der Bevölkerung geimpft, dann wären auch 100% der dennoch Hospitalisierten geimpft. Man muss also die Zahlen in Verhältnis setzen zu der Anzahl der Geimpften bzw. Ungeimpften in der Bevölkerung. Damit lässt sich das Relative Risiko berechnen, also das Risiko eines Ungeimpften im Vergleich zum Risiko eines Geimpften. Das Relative Risiko für Hospitalisierungen ergibt sich in der jeweiligen Altersgruppe durch die folgende Formel:

$$Relatives\ Risiko = \frac{Anzahl\ ungeimpfte\ Hospitalisierte}{Anzahl\ Ungeimpfte} / \frac{Anzahl\ geimpfter\ Hospitalisierter}{Anzahl\ Geimpfte}$$
$$= \frac{Anzahl\ ungeimpfte\ Hospitalisierte}{1-Impfquote} / \frac{Anzahl\ geimpfter\ Hospitalisierter}{Impfquote}$$

[2]https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenbericht_2021-11-18.pdf

Für die Berechnung des Relativen Risiko für Intensivstationen erfolgt die Berechnung analog. Wir zeigen exemplarisch die Berechnung des Relativen Risikos für hospitalisierte über 60-Jährige:

$$\frac{(7026-3151)}{(1-0.858)} / \frac{3151}{0.858} = 7.431$$

Das bedeutet, Ungeimpfte über 60-Jährige haben ein ca. sieben mal so hohes Risiko wegen (oder mit) COVID-19 hospitalisiert zu werden im Vergleich zu Geimpften, das Risiko ist somit um 600% erhöht im Vergleich zu Geimpften. Insgesamt ergeben sich folgende relative Risiken:

a) Hospitalisierungen bei 18-59 Jährigen:
9.34, also ca. 9-faches Risiko bei Ungeimpften.
Risiko bei Ungeimpften ist um 800% erhöht.

b) Hospitalisierungen bei über 60 Jährigen:
7.43, also über 7-faches Risiko bei Ungeimpften.
Risiko bei Ungeimpften ist um 600% erhöht.

c) Intensivstationen bei 18-59 Jährigen:
19.43, also fast 20-faches Risiko bei Ungeimpften.
Risiko bei Ungeimpften ist um 1800% erhöht.

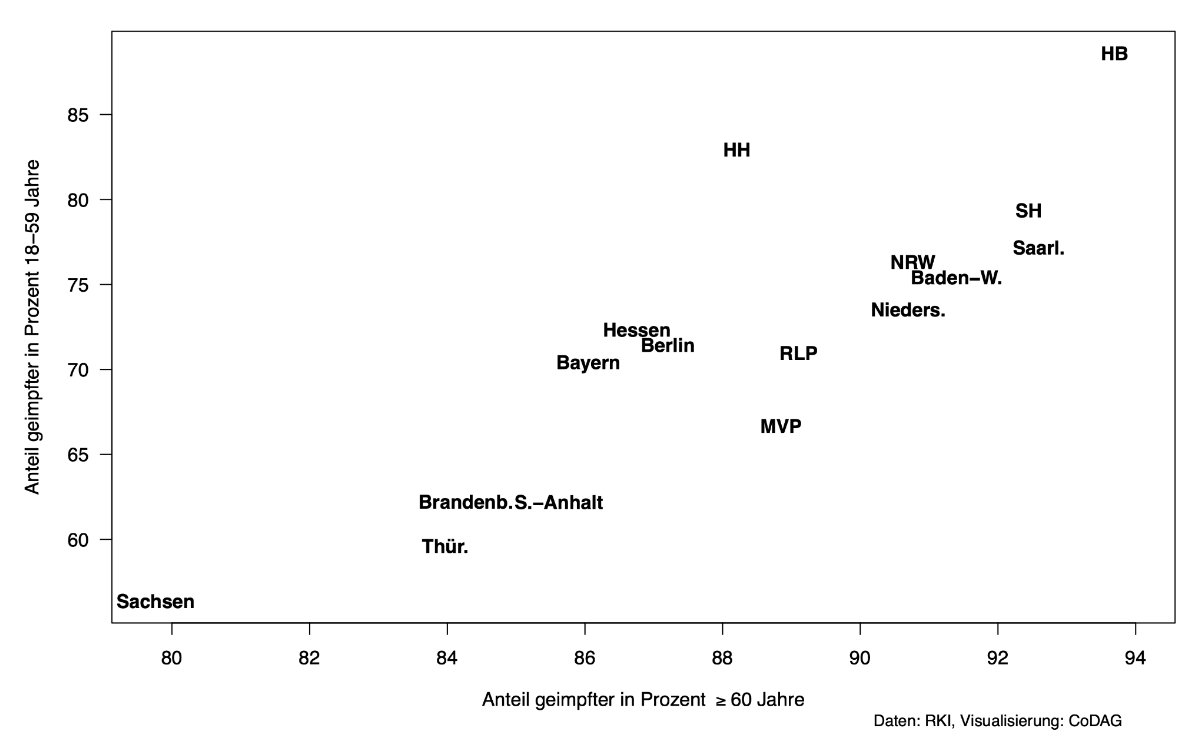
d) Intensivstationen bei über 60 Jährigen:
9.94, also fast 10-faches Risiko bei ungeimpften.
Risiko bei Ungeimpften ist um 900% erhöht.

Gerade bei den 18-59 Jährigen zeigt sich damit deutlich, dass die Impfung wirkt. Diese Wirkung kann dabei nicht nur im Hinblick auf das individuelle Risiko für Hospitalisierungen oder Aufnahmen auf Intensivstationen untersucht werden sondern auch insgesamt auf die Auslastung der Intensivstationen mit COVID-19 Patienten. Wir nutzen dazu Daten des DIVI-Intensivregisters[3] und des Robert Koch-Instituts[4] zum Stand 16.11.21. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick der Impfquoten in den 16 Bundesländern, jeweils getrennt für Impfungen bei 18-59 Jährigen und über 60 Jährigen. Je weiter rechts bzw. je weiter oben ein Bundesland in der Grafik positioniert ist, dest höher ist die Impfquote. Bundesländer in der linken unteren Ecke liegen in Bezug auf die Impfquote zurück. Auffällig ist die deutlich größere Bandbreite der Impfquoten bei den 18-59 Jährigen mit 32%-Punkten im Vergleich zur Gruppe der über 60 Jährigen mit 14%-Punkten. **Die ostdeutschen Bundesländer mit Ausnahme von Mecklenburg-Vorpommern weisen generell geringe Impfquoten in beiden Altersklassen aus. Unter den alten Bundesländern ist Bayern das Schlusslicht in Bezug auf Impfquote mit Rang 13 bei den über 60 Jährigen und Rang 12 bei den 18-59 Jährigen.**

[3] https://www.intensivregister.de/#/aktuelle-lage/downloads
[4] https://github.com/robert-koch-institut/COVID-19-Impfungen_in_Deutschland

Abbildung 1.1: Impfquoten in Prozent für die Altersgruppen der über 60 Jährigen und der 18-59 Jährigen in den Bundesländern.

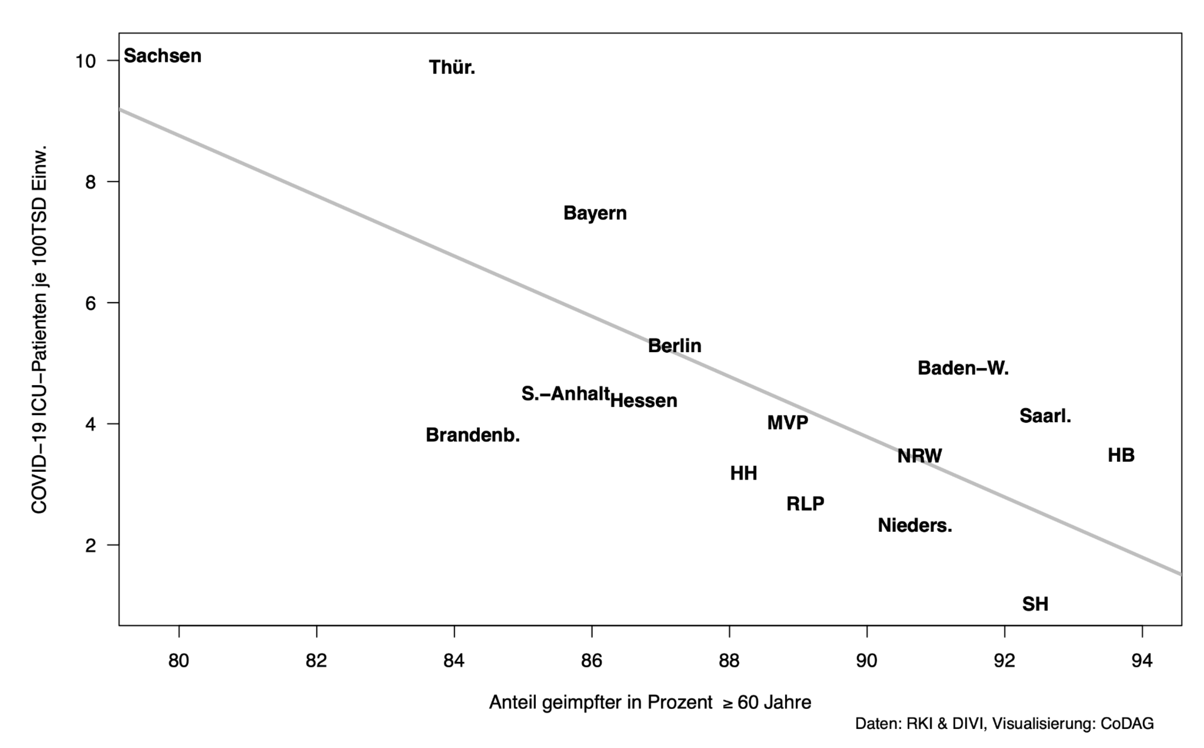




Es gibt einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Impfquote auf die Hospitalisierungen. Abbildung 1.2 zeigt die Impfquoten der über 60 Jährigen in allen 16 Bundesländern und die Anzahl von Patien:innen je 100.000 erwachsener Einwohner auf den Intensivstationen in den Bundesländern. Man erkennt hier einen deutlichen negativen Trend, d.h. je höher die Impfquote der über 60-Jährigen desto geringer die Anzahl Patienten auf den Intensivstationen eines Bundeslands. **Die höchsten Belegungen weisen die Bundesländer Sachsen, Thüringen und Bayern auf, bei gleichzeitig sehr niedrigen Impfquoten.** Die relativ geringe Belegungszahl in Brandenburg könnte darauf zurückzuführen sein, dass Patienten auch in Berlin behandelt werden. Für den Zusammenhang der beiden Größen wird eine Korrelation von -0.74 beobachtet, was auf einen verhältnismäßig starken Zusammenhang hindeutet. Durch die Bestimmung eines linearen Trends, der durch die eingezeichnete Gerade dargestellt wird, kann der Zusammenhang zwischen der Impfquote auf die Belegungszahlen quantifiziert werden. Rein empirisch betrachtet fällt bei Erhöhung der Impfquote um 2% **die mittlere Belegungszahl der Intensivstationen um eine Person je 100-Tausend Einwohner.**

Die hier dargestellten Zusammenhänge reichen für sich genommen nicht aus, um einen kausalen Zusammenhang zwischen Impfquote und Belegungen von Intensivstationen nachweisen zu können. Allerdings wurde ein kausaler Nachweis der Wirkung der Impfung in mehreren kontrollierten Studien, die eine Voraussetzung für die Zulassung der Impfstoffe waren, erbracht, siehe z.B. Dagan et al. (2021).

Abbildung 1.2: Impfquoten der über 60-Jährigen (in Prozent) und Belegung der Intensivstationen mit COVID-19 Patienten je 100-Tausend erwachsener Einwohner am 16.11.21.



2. Analysen zur aktuellen Lage und Vergleich mit der 2. Welle

Maximilian Weigert, Helmut Küchenhoff, Wolfgang Hartl[5]*, Daniel Schlichting, Diellë Syliqi*

Die Infektionslage in Deutschland hat sich in den letzten beiden Wochen deutlich verändert. Die Hospitalisierungsinzidenz wurde zuletzt als bundesweites Kriterium zur Steuerung von Pandemie-eindämmenden Maßnahmen eingeführt (Schwellenwerte der 7-Tage-Inzidenz 3, 6, 9 pro 100.000 Einwohner). Wir halten es grundsätzlich für sinnvoll, diese Kenngröße zu verwenden, da sie den Status und die Wirkung der Pandemie durch den Fokus auf schwerwiegende Verläufe besser beschreibt als die sog. Meldeinzidenz, die sich nur auf einen positiven Virus-Nachweis bezieht (siehe CODAG-Bericht Nr. 18).
Ein gewichtiges Problem der aktuell vom RKI verwendeten Messung der Hospitalisierungsinzidenz ist allerdings der Verzug, der durch die verspätete Meldung beim RKI und die Zeitspanne zwischen Meldung und Aufnahme ins Krankenhaus entsteht. Wir haben dies in den CODAG-Berichten Nr. 21 und Nr. 22 ausführlich dargestellt und konnten zeigen, dass tagesaktuelle Meldungen der Hospitalisierungsinzidenz die tatsächliche (erst nach ein bis zwei Wochen bekannte) Inzidenz an diesem Tag deutlich unterschätzen. Weiter haben wir gezeigt, dass eine verlässliche Darstellung der tagesaktuellen Hospitalisierungsinzidenz nur mit Hilfe von sog. Nowcasting-Verfahren möglich ist. Dort wird der verzerrende Effekt des Verzugs mit Hilfe statistischer Methoden bereinigt. Im Rahmen einer Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und einer internationalen Gruppe von Forscher*innen wurde eine internetbasierte Vergleichs- und Evaluationsplattform für Nowcasting-Verfahren (hospitalisation-nowcast-hub) entwickelt. Hierzu werden die vom Robert-Koch-Institut bereitgestellten Daten zur Hospitalisierung so aufbereitet, dass ein sinnvolles Nowcasting und damit Schätzung der tatsächlichen Hospitalisierungsinzidenz auch auf Ebene der Bundesländer möglich ist. Aktuelle Schätzungen der Hospitalisierungsinzidenz und weitere Erläuterungen zur Methodik sind unter https://covid19nowcasthub.de/ zu finden. Wir führen Nowcast-Schätzungen unter Verwendung des Verfahrens von Schneble et al. (2020) durch.

Neben Neuaufnahmen in Krankenhäusern ist die Belastung der Intensivstationen ein weiterer zentraler Parameter der Pandemie. Hierzu werden Daten zur Belegung und – seit Ende August - auch zur täglichen Aufnahme durch die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) vollständig und zeitnah gemeldet, wobei diese Daten bzgl. Doppelzählungen durch Sekundärverlegungen bereinigt sind. Aus den täglichen Werten der Erstaufnahmen auf Intensivstationen berechnen wir die entsprechende 7-Tage-Inzidenz pro 100.000 Einwohner und veröffentlichen diesen wichtigen Indikator täglich auf unserer Webseite https://corona.stat.uni-muenchen.de/maps/.

Eine Schätzung der regionalen Intensivstation-Aufnahme-Inzidenz, die wir aufgrund fehlender regionaler Daten in früheren Berichten durchgeführt haben, ist seit August nicht mehr nötig. Wir fassen hierbei jedoch die Stadtstaaten mit ihren benachbarten Bundesländern zusammen, um eine Verzerrung der Bruchpunktanalysen zu vermeiden, die

[5] Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

durch die vergleichsweise geringe Intensivstation-Aufnahme-Inzidenz in den entsprechenden Regionen entstehen könnte.

Im Folgenden zeigen wir die Ergebnisse von Bruchpunktanalysen auf Bundeslandebene für die aktuellen Zeitreihen der Hospitalisierungsinzidenz (Abbildung 2.1 und Tabelle 2.1) und der Inzidenz der Neuaufnahmen auf Intensivstationen (Abbildung 2.2 und Tabelle 2.2). Hierbei wird der Verlauf der Kurven datengesteuert in unterschiedliche Phasen gleichen Wachstums bzw. Rückgangs eingeteilt. Details zur Methodik siehe Küchenhoff et al. (2021).

Ergebnisse zur Hospitalisierungsinzidenz

Abbildung 2.1: Verlauf der 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz in den deutschen Bundesländern ab dem 01.08.2021 zum Datenstand 17.11.2021. Dargestellt sind jeweils die Anzahlen pro 100.000 Einwohner. Die aktuellen Werte wurden mit dem Nowcasting-Verfahren geschätzt. Die blauen Linien markieren jeweils die geschätzten Punkte der Trendänderung mit den zugehörigen Konfidenzintervallen.

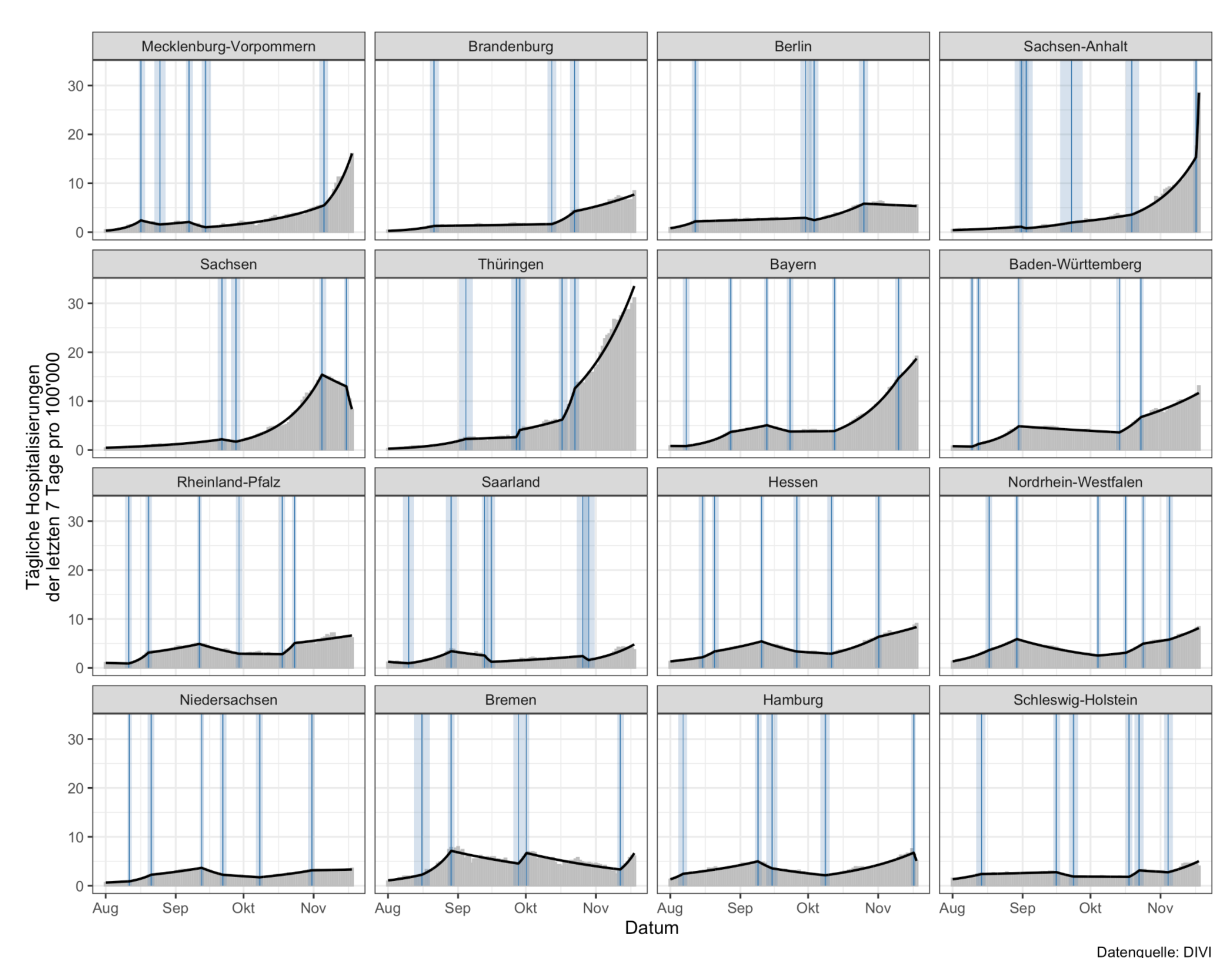


Tabelle 2.1.: 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenzen pro 100.000 Einwohner in den Bundesländern. Angegeben ist das Datum der letzten Trendänderung und der aktuelle tägliche Steigungsfaktor (aus dem Bruchpunktmodell), die aktuelle 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz pro 100.000 Einwohner und deren prozentuale Veränderung im Vergleich zur Vorwoche. Angaben zum Datenstand 17.11.2021. In der letzten Spalte finden sich die Angaben des RKI, die Grundlage für Maßnahmen nach dem Infektionsschutzgesetz sind.

Region	Letzte Trend-änderung	aktueller tägl. Steigungs-faktor	Geschätzte 7-Tage-Hospitalisierungs-inzidenz pro 100.000	Änderung der geschätzten Inzidenz im Vergleich zur Vorwoche (in %)	Aktuelle 7-Tage-Hospitali-sierungsinzidenz pro 100.000 gemäß RKI
Deutschland	-	-	10.96	21.9	5.15
Mecklenburg-Vorpommern	6.11.	1.091 (1.087-1.095)	14.26	64.7	5.90
Brandenburg	23.10.	1.023 (1.021-1.024)	6.20	-13.4	2.88
Berlin	26.10.	0.996 (0.995-0.998)	6.06	8.4	3.03
Sachsen-Anhalt	17.11.	1.619 (1.518-1.727)	17.93	82.4	11.97
Sachsen	16.11.	0.837 (0.816-0.858)	12.14	-11.5	5.64
Thüringen	23.10.	1.038 (1.036-1.040)	32.52	20.6	18.63
Bayern	10.11.	1.031 (1.030-1.032)	18.72	24.4	8.15
Baden-Württemberg	23.10.	1.022 (1.021-1.022)	13.23	28.2	5.80
Rheinland-Pfalz	24.10.	1.011 (1.010-1.011)	7.12	-1.8	3.10
Saarland	29.10.	1.056 (1.051-1.061)	3.98	5.0	2.85
Hessen	1.11.	1.016 (1.015-1.017)	8.67	21.4	4.51
Nordrhein-Westfalen	5.11.	1.026 (1.026-1.027)	8.88	27.2	3.99
Niedersachsen	31.10.	1.003 (1.002-1.004)	3.45	8.2	2.22
Bremen	12.11.	1.118 (1.097-1.139)	6.66	190.8	4.85
Hamburg	17.11.	0.797 (0743-0.855)	3.50	-34.0	1.35
Schleswig-Holstein	4.11.	1.045 (1.041-1.049)	4.71	24.6	3.09

Ergebnisse zur Inzidenz der Aufnahmen auf Intensivstation

Abbildung 2.2: Verlauf der 7-Tage-Inzidenz der Erstaufnahmen auf Intensivstationen in den deutschen Bundesländern ab dem 01.08.2021 zum Datenstand 17.11.2021. Dargestellt sind jeweils die Anzahlen pro 100.000 Einwohner. Die blauen Linien markieren jeweils die geschätzten Punkte der Trendänderung mit den zugehörigen Konfidenzintervallen.

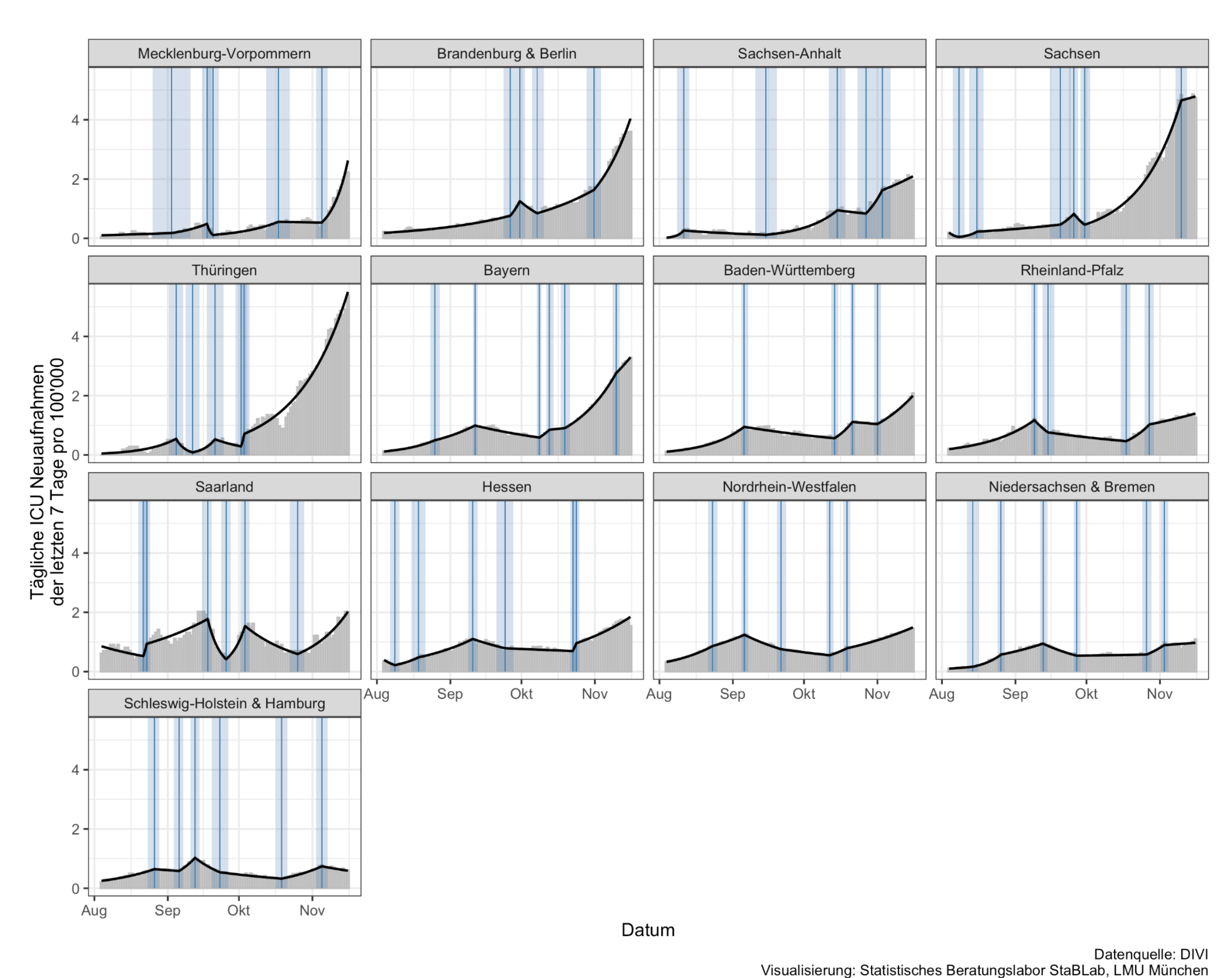


Tabelle 2.2. Vergleich der geschätzten 7-Tage-Inzidenz der Neuaufnahmen auf Intensivstationen pro 100.000 Einwohner in den verschiedenen Bundesländern. Angegeben ist das Datum der letzten Trendänderung, der aktuelle tägliche Steigungsfaktor (nach dem Bruchpunktmodell), die aktuelle 7 Tage-nzidenz der Erstaufnahmen auf Intensivstationen pro 100.000 Einwohner und deren prozentuale Veränderung im Vergleich zur Vorwoche angegeben. Angaben zum Datenstand 17.11.2021.

Region	Datum der letzten Trend-Änderung	aktueller tägl. Steigungsfaktor	7-Tage- Inzidenz der Erst-aufnahmen auf ITS pro 100.000	Änderung der 7-Tage-Inzidenz im Vergleich zur Vorwoche (in %)
Deutschland	---	-----	2.20	19.9
Mecklenburg-Vorpommern	5.11.	1.156 (1.132-1.179)	2.23	111.8
Brandenburg, Berlin	1.11.	1.060 (1.056-1.065)	3.60	20.5
Sachsen-Anhalt	3.11.	1.020 (1.006-1.034)	1.97	0.0
Sachsen	10.11.	1.005 (0.986-1.024)	4.76	1.6
Thüringen	3.10.	1.048 (1.044-1.051)	5.42	26.4
Bayern	10.11.	1.030 (1.026-1.033)	3.29	27.1
Baden-Württemberg	1.11.	1.045 (1.042-1.047)	2.09	43.2
Rheinland-Pfalz	28.10.	1.016 (1.013-1.019)	1.27	-1.9
Saarland	26.10.	1.060 (1.050-1.069)	2.03	81.8
Hessen	24.10.	1.029 (1.027-1.031)	1.54	-3.0
Nordrhein-Westfalen	19.10.	1.023 (1.023-1.024)	1.46	17.0
Niedersachsen, Bremen	3.11.	1.006 (1.003-1.009)	1.09	28.4
Schleswig-Holstein, Hamburg	5.11.	0.980 (0.971-0.988)	0.61	-17.1

Interpretation der Ergebnisse

Tabelle 2.1 veranschaulicht, dass in allen Bundesländern die durch Nowcast berechnete Hospitalisierungsinzidenz deutlich über den vom RKI angegeben Werten liegt (in manchen Bundesländern ist der Nowcastwert mehr als doppelt so hoch wie der RKI-Wert). Weiter schwankt der Korrekturfaktor zwischen den Bundesländern erheblich. Dies unterstreicht nochmals, dass die gemeldeten Inzidenzen systematisch zu niedrig und auch zwischen den Bundesländern nicht direkt vergleichbar sind. Bei unseren Ergebnissen zur Hospitalisierungsinzidenz ist jedoch zu beachten, dass es sich um Schätzungen handelt, die durch die zum Teil dynamische Lage verzerrt sein können.

Die Situation hat sich in den letzten beiden Wochen in den meisten Bundesländern deutlich verschlechtert. Thüringen zeigt sowohl bei der Hospitalisierung als auch bei den Erstaufnahmen auf Intensivstationen die höchsten Werte. Sachsen befindet sich bei den Intensivneuaufnahmen auf einem ähnlich hohen Niveau. Während in Sachsen die Erstaufnahmen auf Intensivstationen allerdings nicht mehr steigen, scheint in Thüringen die Dynamik ungebrochen (Steigerungsfaktor 1.05). In Bayern hat sich der Anstieg der Erstaufnahmen auf Intensivstationen seit dem 10.11. etwas abgeschwächt, bleibt aber auf einem hohen Niveau.

In Mecklenburg-Vorpommern sind die aktuellen Werte noch nicht so hoch, aber es zeichnet sich ein deutlich ansteigender Trend ab. Der Steigerungsfaktor bei den Erstaufnahmen auf Intensivstationen ist mit 1.15 in Mecklenburg-Vorpommern aktuell bei weitem am höchsten.

In Baden-Württemberg, Hessen Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und im Saarland sind die Inzidenzen allgemein zwar etwas niedriger, aber es gibt auch dort steigenden Trends. Nur in den Regionen Hamburg / Schleswig Holstein und Bremen / Niedersachsen sind die Zahlen deutlich niedriger und es gibt hier keinen eindeutigen Trend nach oben. Mögliche Zusammenhänge mit der Impfquote in den jeweiligen Ländern wurden in Kapitel 1 deskriptiv untersucht.

Eine detaillierterer Vergleich von Bruchpunkten bzgl. der Hospitalisierungsinzidenz bzw. der Inzidenz von Neuaufnahmen auf Intensivstationen lässt für einige Bundesländer spezifische Interpretationen zu:

a) In Sachsen ist ab dem 05.11.2021 ein Rückgang der Hospitalisierungsinzidenz und ab dem 10.11. ein Rückgang der Intensivstation-Aufnahmerate zu beobachten. Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine Überlastung des regionalen Gesundheitssystems mit gesteigertem Patiententransfer in andere Bundesländer sein.

b) Für Berlin /Brandenburg ist ab dem 01.11.2021 eine deutliche Zunahme der Intensivstations-Aufnahmerate zu beobachten. Ein Vergleich mit den jeweiligen Hospitalisierungsinzidenzen ergibt, dass diese Zunahme zum größten Teil auf eine Zunahme der Hospitalisierungen in Brandenburg (Bruchpunkt am 12.10.2021) und nicht in Berlin zurückzuführen ist.

c) Zusätzliche Schlüsse lassen sich aus der Betrachtung der Bundesländer ziehen, die bereits Anfang November eine sehr hohe Pandemie-Aktivität und damit eine

auch eine hohe Hospitalisierungsinzidenz (ca. 10 pro 100.000) aufwiesen (Bayern, Sachsen und Thüringen). Bruchpunkte mit einer deutlichen Zunahme der Hospitalisierungsinzidenz konnten bereits für den 13.10., 28.09., und 17.09. identifiziert werden; 6, 2 bzw. 5 Tage später ließen sich dann auch Bruchpunkte mit einer deutlichen Zunahme der Intensivstations-Aufnahmerate nachweisen (19.10., 30.09. und 02./03.10.2021). Diese Zeitspanne zwischen Krankenhaus-aufnahme und Aufnahme auf eine Intensivstation ist länger als bisher vom RKI angegeben (2 Tage), und könnte darauf hinweisen, dass im Gegensatz zu früheren Wellen eine Verlegung von Normal- auf Intensivstationen durch medizinische Fortschritte bei der COVID-Behandlung länger hinausgezögert werden konnte (aber vielleicht auch aus Kapazitätsgründen in diesen Bundesländern aktuell hinausgezögert werden musste).

d) Obige Bruchpunkte für die Hospitalisierungsinzidenz traten bei einer tatsächlichen Ausgangs-Hospitalisierungsinzidenz von etwa 4-6/100 000 auf. Nach Abzug der (durchschnittlichen) Nowcast-Korrekturen ergeben sich folglich Schwellenwerte für eine Zunahme der gemeldeten Krankenhaus- und konsekutiv zu erwartenden Intensivstationseinweisungen von etwa 2.5 bis 3 / 100 000. Der aktuell festgelegte untere Schwellenwert der 7-Tagesinzidenz von 3 kann somit maximal als Frühwarn-Indikator für die zu erwartende zunehmende Belastung des Gesundheitssystems angesehen werden.

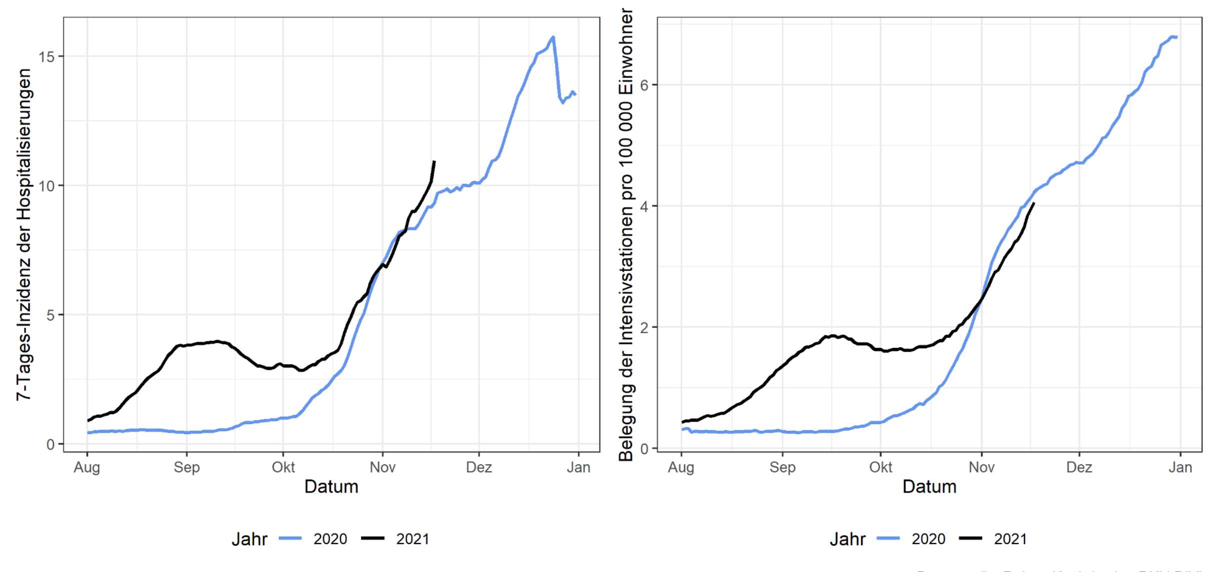
e) Im Vergleich zu den mittels Nowcast korrigierten Werten ist der Fehler bei den aktuell gemeldeten Hospitalisierungsinzidenzen nicht nur erheblich, sondern zeigt auch eine große Bundesland-abhängige Bandbreite.

Unter Berücksichtigung der a) Limitierungen der aktuell gemeldeten Hospitalisierungsinzidenz, b) der Validität der intensivmedizinischen Kennzahlen (Aufnahme und Belegung) und c) des multikausal bedingten Prozentsatzes der hospitalisierten Patient*innen, die im Verlauf ihrer Erkrankung auf eine Intensivstation aufgenommen werden müssen, erscheint es zielführender, Schwellenwerte zur Maßnahmensteuerung aus intensivmedizinischen Variablen abzuleiten. Hier kann neben der Belegung die Inzidenz der Erstaufnahmen auf Intensivstationen eine zentrale Rolle spielen. Bei Verwendung der Hospitalisierungsinzidenz ist es unumgänglich, eine Nowcast-Korrektur zu verwenden.

Vergleich mit der 2. Welle

In der öffentlichen Diskussion findet derzeit ein Vergleich der Situation des letzten Jahres während der zweiten Pandemiewelle (ca. Oktober 2020 bis Februar 2021) mit der heutigen Situation statt. Generell gibt es wesentliche inhaltliche Unterschiede zur Einschätzung und zum Umgang mit der Pandemie, was hauptsächlich durch die Möglichkeit der Impfung verursacht ist. Aus diesem Grund ist es wichtig, bei Vergleichen verschiedene Indikatoren heranzuziehen. Wir fokussieren uns auf die beiden oben beschriebenen Krankenhaus-indikatoren und vergleichen auf Bundesebene (Abbildung 2.3) sowie auf Ebene der verschiedenen Bundesländer (Abbildungen 2.4 und 2.5). Da für 2020 keine verlässlichen Zahlen zu Erstaufnahmen auf Intensivstationen vorliegen, verwenden wir Daten zur Intensivbetten-Belegung. Wir verzichten auf einen Vergleich der Inzidenzen, da es in den beiden betrachteten Zeiträumen erhebliche Unsicherheiten bzgl. Meldeverzug und Dunkelziffer gibt.

Abbildung 2.3: Vergleich der 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz (links) und Belegung der Intensivstationen für Deutschland durch COVID19-Patient*innen (recht) in den Jahren 2021 (schwarz) und 2020 (blau) jeweils ab dem 01.08. zum Datenstand 18.11.2021. Die Kurve für das Jahr 2020 basiert auf den Daten des Robert-Koch-Instituts, die Kurve für das Jahr 2021 auf Nowcast-Schätzungen nach dem Verfahren von Schneble et al. (2021).



Es ist leicht zu erkennen, dass Mitte September 2021 sowohl Hospitalisierungs-Inzidenzen als auch die Belegung von Intensivplätzen mit COVID Patient*innen um ein vielfaches höher als 2020 waren. Wahrscheinliche Ursache dafür ist die Verbreitung der sog. Delta-Variante. Delta zeichnet sich durch Mutationen aus, die die Übertragbarkeit des Virus erhöhen und mit einer reduzierten Wirksamkeit der Immunantwort in Verbindung gebracht werden. Der Anteil von Delta (B.1.617.2) lag in Deutschland in der 29. Kalenderwoche 2021 laut RKI bei 97 Prozent (Wöchentlicher Lagebericht).

Ab Mitte September war im Jahr 2020 dann ein Anstieg sowohl der Hospitalisierungsinzidenzen als auch der Belegung von Intensivplätzen mit COVID Patient*innen zu beobachten. 2021 blieben beide Inzidenzen jedoch bis Mitte Oktober stabil.

Diese Beobachtung kann sehr wahrscheinlich durch den Effekt der Impfungen erklärt werden. Mitte Oktober 2021 galten laut RKI etwa 66% der deutschen Bevölkerung als vollständig geimpft, wobei alle Impfstoffe gegenüber der Delta-Variante wirksam waren.

Ab Mitte Oktober begann dann die jeweiligen Inzidenzen auch 2021 zu steigen, bis Mitte November waren sowohl Hospitalisierungsinzidenzen wie auch die Belegung von Intensivplätzen mit COVID-Patient*innen zwischen 2020 und 2021 in etwa vergleichbar (gleiche Anstiegsgeschwindigkeit). Ab Mitte November lag schließlich die Hospitalisierungs-inzidenz 2021 erneut über der von 2020. Ursächlich für die Entwicklung ab Mitte Oktober 2021 ist mutmaßlich die Verlangsamung der Impfgeschwindigkeit, und die Zunahme von Durchbruchsinfektionen bei vollständig Geimpften.

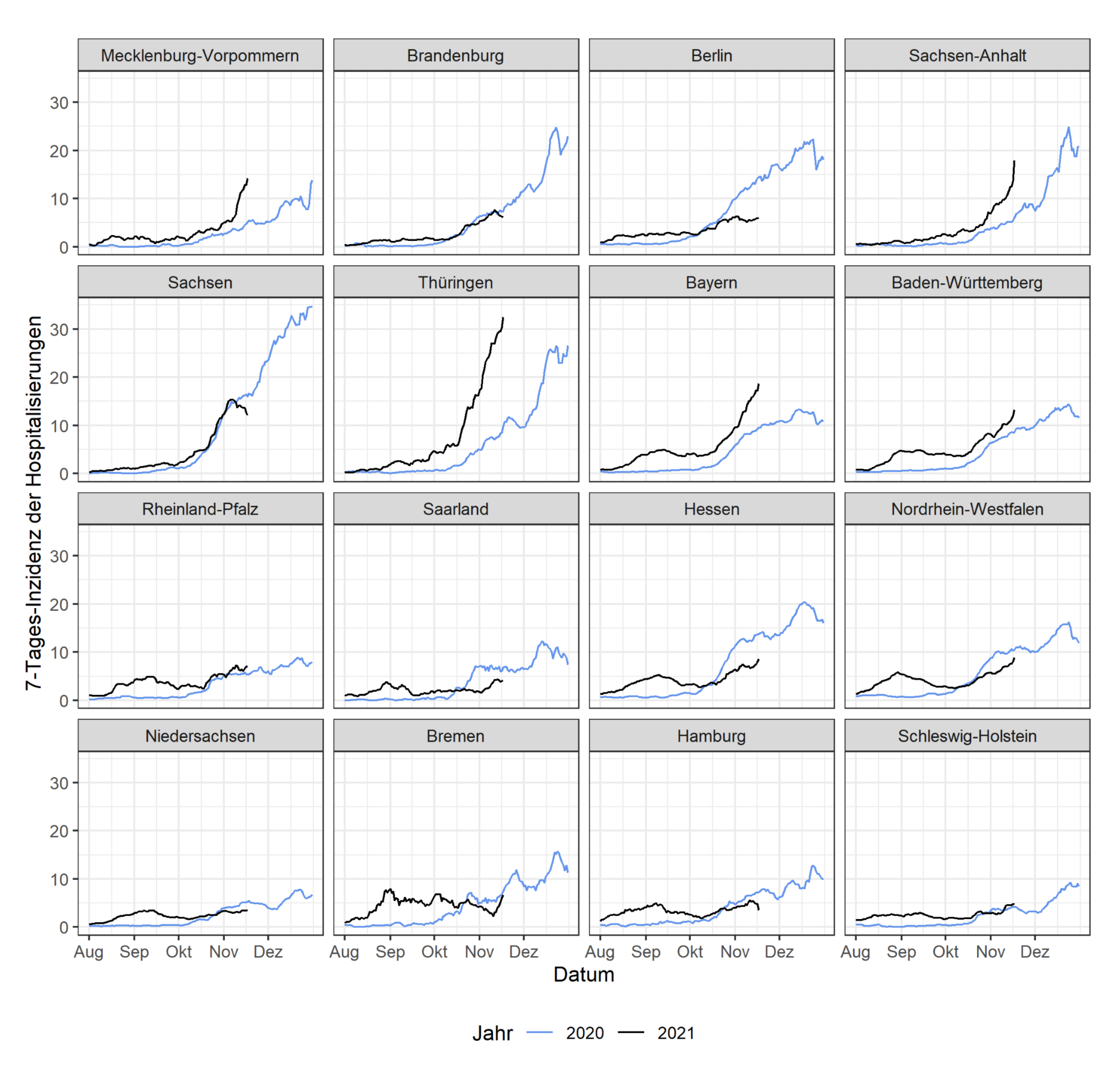
Die zuletzt erneut zunehmende Diskrepanz bei den Hospitalisierungsinzidenzen hat jedoch bisher nicht die Belegung von Intensivplätzen mit COVID Patient*innen erfasst; hier waren die entsprechenden Inzidenzen bis zuletzt zwischen 2020 und 2021 vergleichbar. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung wäre ein geringerer Prozentsatz der hospitalisierten Patienten, die 2021 eine intensivmedizinische Behandlung benötigen (durch medizinischen Fortschritt), oder eine Zeitverzögerung bis zum Eintritt einer intensivmedizinisch Therapie-pflichtigen Organdysfunktion.

Diese gesamtdeutsche Entwicklung lässt sich nicht auf alle Bundesländer übertragen. Von Mitte Oktober bis Mitte November waren zwischen 2020 und 2021, und bezogen auf Deutschland insgesamt die Hospitalisierungsinzidenzen in etwa vergleichbar. In einigen Bundesländern war dies jedoch nicht zu beobachten. So zeigten Baden-Württemberg, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Bayern und Mecklenburg-Vorpommern 2021 eine höhere Inzidenz. Bemerkenswert ist, dass diese Bundesländer zu denjenigen gehören, die im Vergleich zu den anderen Bundesländern aktuell niedrige Impfquoten (58 – 66% vollständig Geimpfte) aufweisen.

Sachsen, welches mit 57,6% aktuell die niedrigste Impfquote aller Bundesländer hat, stellt genauso wie Brandenburg einen Sonderfall dar; hier unterschieden sich im gesamten Beobachtungszeitraum alle Inzidenzen zwischen 2020 und 2021 am wenigsten. Bei vergleichbarem Ausgangsniveau der Hospitalisierungsinzidenzen könnte diese Beobachtung dadurch erklärt werden, dass sich im Vergleich zu den anderen Bundesländern die Delta-Variante zwischen August und Oktober in Sachsen und Brandenburg langsamer ausbreitete. Für diese Hypothese spräche auch, dass in diesem Zeitraum keine großen Unterschiede hinsichtlich der Inzidenz der Neuaufnahmen auf Intensivstationen zu beobachten waren.

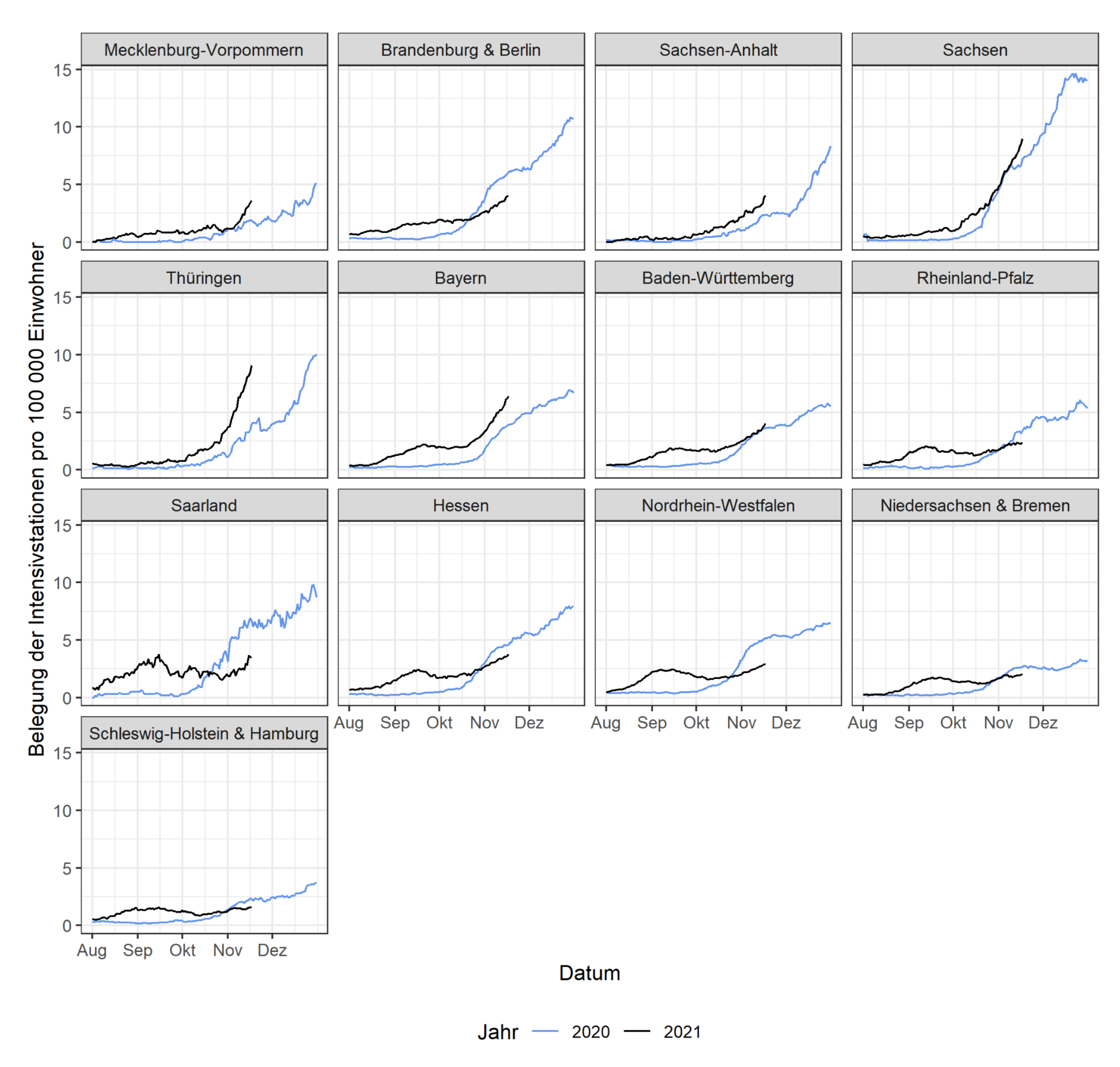
Diese detaillierten Analysen zeigen ebenso wie die Analysen aus Abschnitt 1 einen Zusammenhang zwischen effektiver Impfquote und Pandemieaktivität. Dies spricht für eine rasche Verabreichung von Boosterimpfungen und die Impfung von bisher nicht geimpften Personen.

Abbildung 2.4: Vergleich der 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenzen pro 100,000 Einwohner für COVID19-Patient*innen in den Jahren 2021 (schwarz) und 2020 (blau) in den Bundesländern jeweils ab dem 01.08. zum Datenstand 18.11.2021.. Die Kurven für das Jahr 2020 basieren auf den Daten des Robert-Koch-Instituts, die Kurven für das Jahr 2021 auf Nowcast-Schätzungen nach dem Verfahren von Schneble et al. (2021).



Datenquelle: Robert-Koch-Institut RKI
Visualisierung: Statistisches Beratungslabor StaBLab, LMU München

Abbildung 2.5: Vergleich der Belegung der Intensivstationen mit COVID19-Patient*innen pro 100,000 Einwohner im Jahr 2021 (schwarz) und 2020 (blau) jeweils ab dem 01.08. zum Datenstand 18.11.2021.



3. Aktuelle Prognosen zur Belegung der Intensivstationen für Bayern

Martje Rave, Cornelius Fritz, Göran Kauermann

Die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) stellt Daten zur Belegung der Intensivbetten auf Kreisebene zur Verfügung. Wir analysieren diese Daten nachfolgend für Bayern und geben eine Prognose für die Entwicklung in der kommenden Woche ab. Wir ziehen dazu als Einflussgrößen die in dem entsprechenden Kreisen vorliegenden Meldeinzidenzen in den Altersgruppen "15-34 Jahre", "35-59 Jahre", "60-79 Jahre" und "80+ Jahre" und die Anteil der freien und belegten Nicht-COVID Betten jeweils aus der Vorwoche heran. Als statistisches Modell benutzen wir ein multinomiales Regressionsmodell und betrachten dabei die Verteilung der Bettenbelegung nach den Kategorien: "frei", "nicht COVID" und "COVID". In der Tabelle 1.2 sind die aktuellen Zahlen für Bayern in der vergangenen Woche (jeweils Mittwoch bis Mittwoch) als auch unsere Vorhersagen für die kommende Woche gegeben. **Unser Modell sagt somit einen wöchentlichen Zuwachs von 727 auf 936 belegten Betten durch COVID-19 Patient:innen voraus. Das entspricht einem wöchentlichen Zuwachs von ungefähr 30%.**

Tabelle 3.1: Beobachtete (Zeitraum 10.11.21- 16.11.21) und prognostizierte (Zeitraum 17.11.21- 23.11.21) Anzahl an freien, Nicht-COVID belegten und COVID belegten Betten.

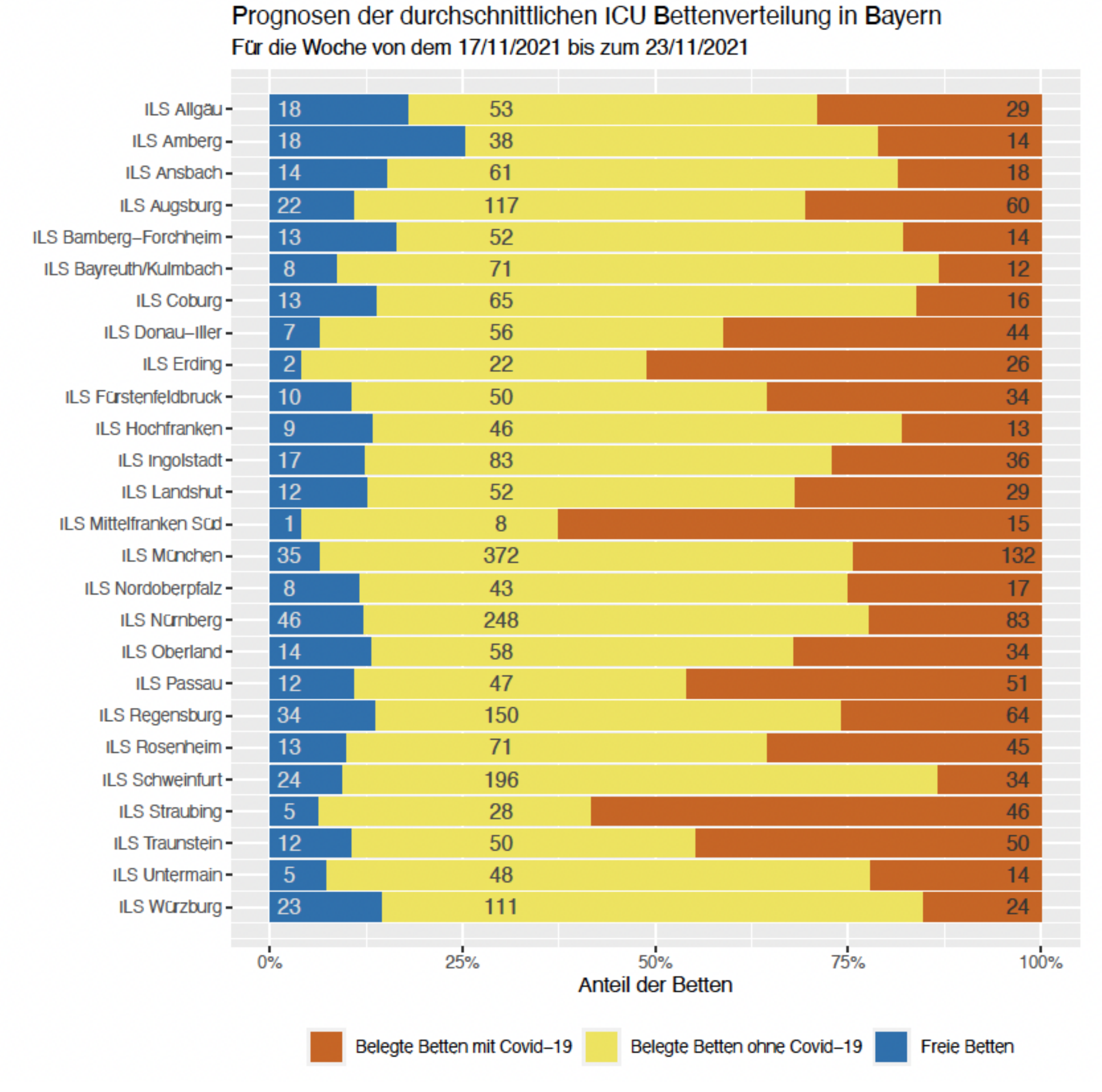
Durchschnittliche Bettenbelegung in Bayern	Freie Betten	Nicht-COVID belegte Betten	COVID belegte Betten
Beobachtung 10.11.21- 16.11.21	415	2406	727
Prognose 17.11.21- 23.11.21	403	2204	936

Zusätzlich modellieren wir die Daten weiter auf der Ebene der 26 Integrierten Leitstellen[6] (ILS) in Bayern, der Zusammenfassung von Kreisen und kreisfreien Städten mit gemeinsamer medizinischer Notfallversorgung. In Abbildung 3.1 ist die entsprechende Prognose für die kommende Woche (jeweils Mittwoch 17.11. bis Mittwoch 23.11) gegeben. Man erkennt, dass in einigen Kreisen die Situation sehr angespannt ist. In den ILS Mittelfranken, Straubing und Erding prognostiziert unser Modell, dass über 50% der Patienten auf den Intensivstationen an COVID-19 erkrankt sein werden. Es wird zudem prognostiziert, dass der Anteil der freien Betten in diesen integrierten Leitstellen bis zu unter 5% der Gesamtzahl der Betten sinkt. Insgesamt zeigt sich somit auf Ebene der ILS, dass die Anzahl der Betten mit COVID-19 Patienten zum einen allgemein steigen und es zum anderen Hotspots (ILS Erding, ILS Mittelfranken Süd) gibt, in welchen die Grenzen des Gesundheitssystems in den nächsten Wochen bzw. der nächsten Woche bereits erreicht sein können. Weiter wollen wir darauf hinweisen, dass die dargestellten Zahlen nur den

[6] siehe https://www.freistaat.bayern/dokumente/behoerde/5760175134101

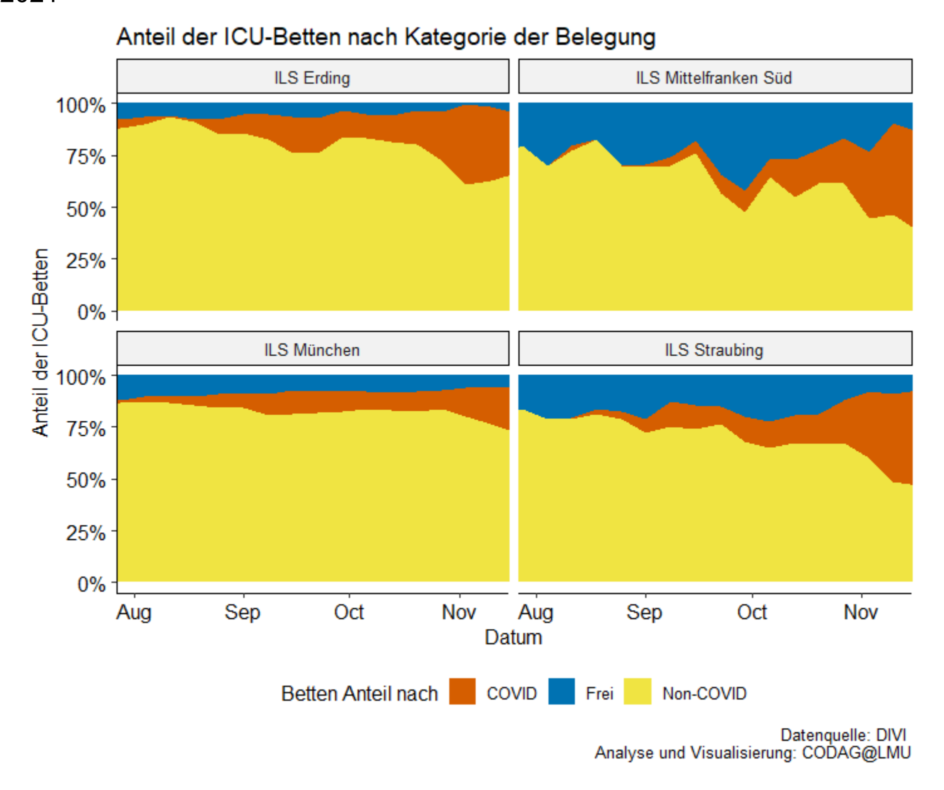
Mittelwert der Prognosen widerspiegeln und daher schwäche jedoch auch schlimmere Zuwächse in der kommenden Woche sich im Bereich des Möglichen befinden.

Abbildung 3.1: Vorhergesagte Bettenbelegung auf den bayerischen Intensivstationen zusammengefasst zu den Integrierten Leitstellen



In Abbildung 3.2 kann man die Bettenbelegung der ILS München, Mittelfranken Süd, Erding und Straubing in dem Zeitrahmen August bis November 2021 beobachten. Hier kann man repräsentativ für alle ILS in Bayern sehen, dass seit August 2021 der Anteil der COVID-Betten zunächst langsam, dann schneller in Relation zu der Gesamtbettenkapazität wächst. Diese Beobachtung des Aufwärtstrends, auch in den ILS, die nicht noch nicht ihre Kapazitätsgrenze erreicht haben, unterstützt zudem die Prognose des 30%-igen Wachstums der Anzahl der Betten, die an COVID-19 erkrankten Patient*innen belegt sind.

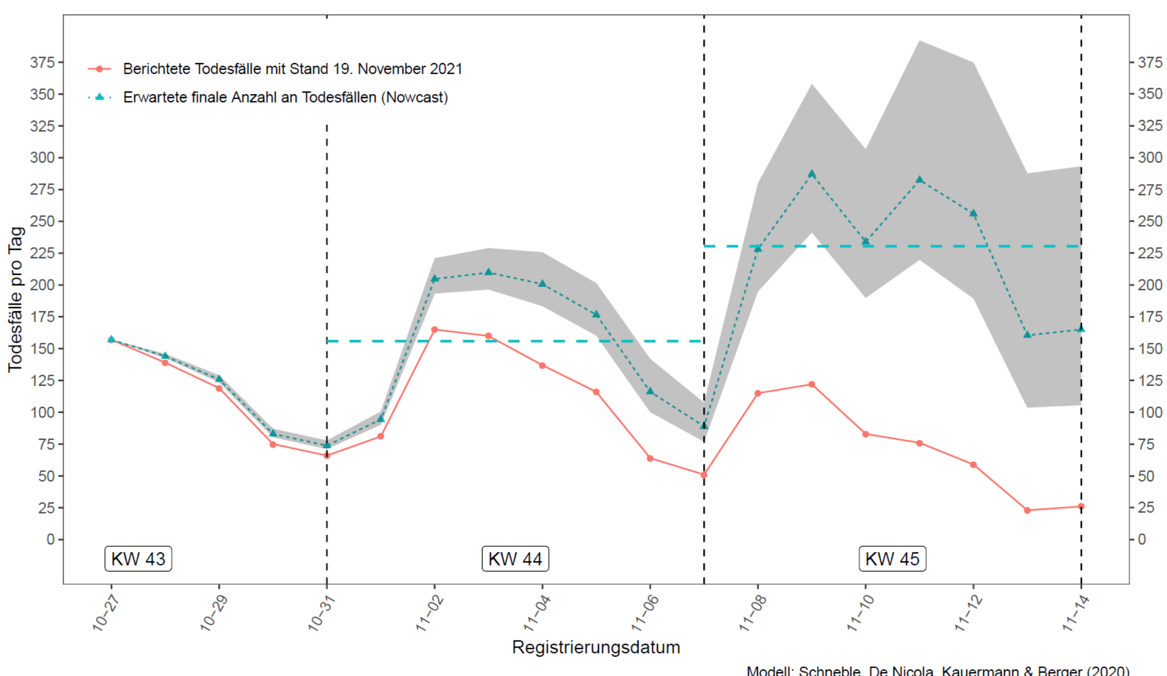
Abbildung 3.2: Bettenbelegung auf den bayerischen Intensivstationen zusammengefasst zu den Integrierten Leitstellen Erding, Mittelfranken Süd, München und Straubing von August 2021 bis November 2021



4. COVID-19-bedingte Todeszahlen nehmen schnell zu

Giacomo De Nicola, Göran Kauermann, Ursula Berger

Abbildung 4.1: Nowcast von Todesfällen pro Tag in den letzten Wochen, aufgetragen nach Datum der durch PCR-Test nachgewiesenen Infektion. Rote Kreise geben die wahren Daten wider, türkisfarbene Dreiecke die entsprechenden Nowcasts.



Die ersten drei Abschnitte dieses CODAG Berichtes betrachten die aktuelle Lage der Pandemie im Hinblick auf Impfungen, Hospitalisierungen und ICU Belegung. Abschließend wollen wir die aktuellen Nowcasts der zu erwartenden Todeszahlen darstellen. Neben den Hospitalisierungen ist die Anzahl der Todesfälle ein wichtiger Indikator für die Schwere der Pandemie. Unsere aktuellen Ergebnisse sprechen dafür, dass die gemeldeten COVID-19-bedingte Todesfälle seit Beginn der vierten Welle deutlich zunehmen und von den gemeldeten COVID-19 Fällen der aktuellen Woche zwischen 100 und 370 tägliche Todesfälle zu erwarten sind. Vergleichen wir zu diesen Zahlen die Ergebnisse aus den Kalenderwochen 26 bis 32: In diesem Zeitraum lagen die wöchentlichen COVID-19 Todesfälle unter 100 Fällen pro Woche. Die derzeit dem RKI gemeldeten Zahlen bewegen sich in einer Größenordnung von 700 Todesfällen pro Woche[7]. **Unsere aktuellen Prognosen ergeben jedoch wöchentliche Todesfälle von mehr als 1500.**
Dazu betrachten wir zunächst die aktuellen Todeszahlen als sogenannte Nowcasts, das heißt, wir berechnen die geschätzte Anzahl von tödlichen Verläufen einer Infektion, aufgetragen gegen den Tag, an dem die Infektion durch einen PCR-Test nachgewiesen worden ist. Wir verweisen auf CODAG Bericht Nr. 5 und Schneble et. al (2020), in dem

[7] *https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Projekte_RKI/COVID-19_Todesfaelle.html*

unser Verfahren im Detail beschrieben ist. Die entsprechenden Nowcasts pro Tag sind in Abbildung 4.1 dargestellt. Die rote Kurve zeigt dabei die aktuell gemeldeten Todesfälle geplottet gegen das Datum des positiven Tests. Die türkise Kurve gibt den Nowcast an. Die Differenz der Kurven kann als die Anzahl der in den nächsten Tagen und Wochen aufgrund der COVID-19 Infektion auftretenden Todesfälle interpretiert werden. **Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass die Zahl der gemeldeten Todesfälle nach unserem Mode weiter ansteigen wird. Wie auch bereits in Kapitel 3. dieses Berichts gezeigt, sind diese Entwicklung konsistent mit der Vorhersage, dass die freien Betten auf den Intensivstationen sich weiter füllen und bald an die Kapazitätsgrenze stoßen.**

Literatur

Dagan, N et al. *BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine in a Nationwide Mass Vaccination Setting.* N Engl J Med 2021;384:1412-1423.DOI: 10.1056/NEJMoa2101765

Küchenhoff, H., Günther, F., Höhle, M. und Bender, A. *Analysis of the early COVID-19 epidemic curve in Germany by regression models with change points.* Epidemiology and Infection, 2021 Vol 149, e68. *DOI: https://doi.org/10.1017/S0950268821000558*

Schneble, M., De Nicola, G., Kauermann, G., and Berger, U. *Nowcasting fatal COVID-19 infections on a regional level in Germany.* Biometrical Journal. 2020. https://doi.org/10.1002/bimj.202000143